

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11C 11/14



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02145701.8

[43] 公开日 2003 年 7 月 30 日

[11] 公开号 CN 1433022A

[22] 申请日 2002.9.30 [21] 申请号 02145701.8

[30] 优先权

[32] 2002. 1. 8 [33] KR [31] 988/2002

[71] 申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 朴祥珍 朴玩濬 金泰完 宋利宪

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

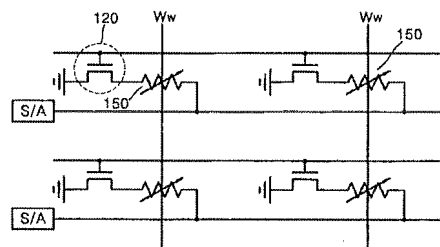
代理人 李晓舒 魏晓刚

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 发明名称 高密度磁随机存取存储器及其操作方法

[57] 摘要

本发明公开了一种高密度磁随机存取存储器及其操作方法。该高密度磁存储器包括：形成在衬底上的垂直晶体管；形成在垂直晶体管上的磁存储元件，该磁存储元件使用磁性材料来存储数据；通过磁性存储元件连接晶体管的位线；在位线之上并跨过位线的用于写入的字线；以及形成在用于写入的字线和用于写入的字线之下的其它元件之间的绝缘层。根据该高密度磁存储器，可以制造具有垂直晶体管的高密度磁存储器。



ISSN 1008-4274

1. 一种磁存储器, 包括:
形成在衬底上的垂直晶体管;
- 5 形成在垂直晶体管上的磁存储元件, 该磁存储元件使用磁性材料来存储数据;
通过磁性存储元件连接晶体管的位线;
在位线之上并跨过位线的用于写入的字线; 以及
形成在用于写入的字线和用于写入的字线之下的其它元件之间的绝缘
- 10 层。
 2. 如权利要求 1 所述的磁存储器, 其特征在于, 所述垂直晶体管包括:
掺杂叠层, 其中, 第一掺杂层、沟道层和第二掺杂层顺序叠置; 以及
栅极叠层, 其覆盖掺杂叠层的两侧。
 3. 如权利要求 2 所述的磁存储器, 其特征在于, 所述栅极叠层包括自
 - 15 掺杂叠层的两侧顺序形成的栅极绝缘层和栅极导电层。
 4. 如权利要求 1 所述的磁存储器, 其特征在于, 所述磁存储元件是磁隧穿结。
 5. 一种操作如权利要求 1 所述的高密度磁存储器的方法, 该方法包括:
(a)将电流施加到位线上以确定一个存储单元, 将电流 I_w 施加到用于写
 - 20 入的字线上, 使得磁隧穿结的磁性层的磁化方向彼此反平行, 并将“1”写入到选定存储单元中;
(b)将电流施加到位线上以确定一个存储单元, 将其方向与电流 I_w 的方向相反的电流 $-I_w$ 施加到用于写入的字线上, 使得这些磁性层的磁化方向彼此平行, 并将“0”写入选定的存储单元; 以及
 - 25 (c)通过将预定的电压施加到位线和字线上来选择存储单元, 检测位线电流的强度, 并读出写入到存储单元中的数据。
 6. 如权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 所述步骤(c)通过经由连接到位线上的检测放大器来检测位线的电流来进行。

高密度磁随机存取存储器及其操作方法

5 技术领域

本发明涉及高密度磁随机存取存储器及其操作方法,更具体地,涉及具有垂直晶体管的高密度磁随机存取存储器及其操作方法。

背景技术

10 磁随机存取存储器(MRAM)是一种非易失性存储器,并利用材料的磁性能存储数据。MRAM 器件可以进行静态随机存取存储器(SRAM)的快速读/写操作,具有等效于动态随机存取存储器(DRAM)的高集成度,且理论上,它可按需要进行重复写入操作。

MRAM 器件包括写入和读取数据所需的磁存储元件。此处,该磁存储
15 元件可以是利用巨磁阻现象的巨磁阻(GMR)器件,或是利用这样一种现象的磁隧穿结(MTJ)器件,在该现象中,电流在其间具有一绝缘层的两个磁性层具有相同的磁自旋方向时,比在这些磁性层具有不同的磁自旋方向时更易于穿过。现在,MTJ 器件得以广泛使用,因为它比 GMR 器件具有更高的结电阻和磁阻(MR)率。

20 图 1 示出了传统 MRAM 器件的横截面视图。参照图 1,掺杂有 n 型导电杂质的第一和第二杂质层 12 和 14 形成在 p 型半导体衬底 10 中,其间具有一间隙。由栅极氧化层 16 和栅极导电层 18 构成的栅极叠 20 形成在 p 型半导体衬底 10 上,在第一和第二杂质层 12 和 14 之间。此处,栅极导电层 18 还用作读取用的字线。结果,金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)
25 形成在 p 型半导体衬底 10 上。于是,第一层间介电层 22 得以形成,以覆盖 p 型半导体衬底 10 上的栅极叠 20。第一和第二通孔 22a 和 22b 形成在第一层间介电层 22 上,以暴露第一和第二杂质层 12 和 14 的部分。第一和第二通孔 22a 和 22b 用导电插塞 24 和 26 填充。于是,第一和第二导电层构图 28a 和 28b 以一间隔形成在第一层间介电层 22 上,分别完全覆盖导电插塞 24 和 26 的暴露部分。接着,第二层间介电层 30 形成来覆盖第一和第二导电层构图 28a 和 28b。此处,第二导电层构图 28b 用作地线。以后,第三通
30

孔 30a 形成在第二层间介电层 30 上, 暴露第一导电层构图 28a, 然后填充导电插塞 32。接着, 第三和第四导电层构图 32a 和 32b 以一间隔形成在第二层间介电层 30 上。此时, 第三导电层构图 32a 完全覆盖导电插塞 32 的暴露部分。此处, 第四导电层构图 32b 为用于写入的字线。然后, 在第三层间介电层 34 上形成第四通孔 34a, 以暴露第三导电层构图 32a。接着, 在第三层间介电层 34 上形成第五导电层构图 36, 填充第四通孔 34a, 同时延伸越过第四导电层构图 32b。隧穿磁阻(TMR)器件 42 形成在第五导电层构图 36 上。TMR 器件 42 是一堆垛结构, 其中第一铁磁层 42a、非铁磁层 42b 和第二铁磁层 42c 顺序叠置。然后, 第四层间介电层 38 形成在第三层间介电层 34 上, 覆盖第五导电层构图 36 和 TMR 器件 42 的两侧。最后, 位线 44 形成在第四层间介电层 38 上, 与第二铁磁层 42c 的整个表面接触。

在图 1 所示的传统 MRAM 器件中, 选择开关器件以选取一个单元, 因此, 被所选定单元占据的面积取决于所选定开关器件的面积。在制造高密度磁存储器中尽可能减小开关器件的面积是非常重要的。

发明内容

为了解决上述和相关问题, 本发明的第一个目的是提供一种高密度磁存储器, 其中晶体管布置在垂直方向上, 使得开关器件占据的面积可以减小, 从而增加集成度。

本发明的第二个目的是提供一种操作这种高密度磁存储器的方法。

为了实现第一个目的, 提供一种高密度磁存储器, 它包括: 形成在衬底上的垂直晶体管; 形成在垂直晶体管上的磁存储元件, 该磁存储元件使用磁性材料以存储数据; 通过磁性存储元件连接晶体管的位线; 在位线之上并跨过位线的用于写入的字线; 以及形成在用于写入的字线和用于写入的字线之下的其它元件之间的绝缘层。

为了实现第二个目的, 提供一种操作根据本发明的高密度磁器件的方法, 该方法包括: (a) 将电流施加到位线上以确定一个存储单元, 将电流 I_w 施加到用于写入的字线上, 使得 MTJ 的磁性层的磁化方向彼此反平行, 并将 “1” 写入到选定存储单元中; (b) 将电流施加到位线上以确定一个存储单元, 将其方向与电流 I_w 的方向相反的电流 $-I_w$ 施加到用于写入的字线上, 使得这些磁性层的磁化方向彼此平行, 并将 “0” 写入选定的存储单元; 以

及(c)通过将预定的电压施加到位线和字线上来选择存储单元,检测位线电流的强度,并读出写入到存储单元中的数据。

附图说明

5 通过参照附图详细说明本发明的优选实施例,本发明的以上目的和优点将变得更清晰,其中:

图 1 是传统磁随机存取存储器(MRAM)的横截面视图;

图 2 是根据本发明优选实施例的高密度磁存储器的单元阵列的等效图;

图 3 是根据本发明优选实施例的高密度磁存储器的横截面视图;以及

10 图 4A 至 4C 是阐明操作根据本发明优选实施例的高密度磁存储器的方法的视图。

具体实施方式

本发明现在将更全面地参照附图进行说明,其中示出了一优选实施例。

15 然而,本发明可以以不同的形式实施,且不应受制于此处所阐述的实施例;相反,此实施例得以提供,使得此公开内容是完整且全面的,并将充分地向本领域技术人员传达本发明的概念。附图中,为了清晰起见,层的厚度和区域得以放大。

图 2 是根据本发明优选实施例的高密度磁存储器的单元阵列的等效电
20 路图。此处,附图标记 120 表示存储器晶体管,附图标记 150 表示具有可变电阻的磁存储元件,这将在下文说明。B 表示位线, W 表示与晶体管栅极相连的字线。此外, Ww 是用于写入的字线,它放置成跨越磁存储元件 150,并与其它线隔离。

多个晶体管 120 呈单元阵列的形式纵向和横向布置。单元阵列包括字
25 线 W、用于写入的字线 Ww、以及数量上与晶体管 120 的横向排列线相等的位线 B。此处,每根位线 B 与测量电流的部件相连。优选地,测量电流的部件是检测放大器(S/A)。然而,每根位线 B 可以连接至其它电流测量装置。

图 3 是根据本发明优选实施例的高密度磁存储器的横截面视图。参见
30 图 3,垂直晶体管 120 和磁存储元件 150 顺序地形成在衬底 110 上。垂直晶体管 120 由掺杂叠层 130 形成,其中,第一掺杂层 132、沟道层 134 和第二

掺杂层 136 顺序重叠, 且栅极叠层 140 覆盖掺杂结构 130 的两侧。

此处, 第一和第二掺杂层 132 和 136 掺有 n+型导电杂质, 且沟道层 134 掺有 p 型导电杂质。

每个栅极叠层 140 由栅极绝缘层 142 和栅极导电层 144 构成。更具体地, 栅极绝缘层 142 和栅极导电层 144 沿掺杂叠层 130 的每一侧顺序叠置, 形成栅极叠层 140。栅极导电层 144 是具有高电导率的层, 且例如可以是多酸或金属层。

用于存储数据的磁存储元件 150 形成在掺杂叠层 130 上。此处, 磁存储元件 150 是磁隧穿结(MTJ)器件, 该器件具有至少两个磁性层 152 和 156、以及一隧穿阻挡层 154。此处, 隧穿阻挡层 154 间插在磁性层 152 和 156 之间。在此实施例中, 隧穿阻挡层 154 下方的下部磁性层 152 的磁化方向是固定的, 而隧穿阻挡层 154 上方的上部磁性层 156 的磁化方向根据电场变得与下部磁性层 152 的磁化方向平行或反平行。

位线 160 形成在磁存储元件 150 上, 在与栅极导电层 144 的字线相同的方向上延伸。在位线 160 上方, 用于写入的字线 180 形成为跨过栅极导电层 144 的字线和位线 160。用于写入的字线 180 通过在预定方向上形成磁场而在磁存储元件 150 上存储数据。此外, 绝缘层 170 设置在用于写入的字线 180 和用于写入的字线 180 下方的其它元件之间。

以下, 将参照图 4A 至 4C 说明根据本发明的磁存储器的操作方法。

20 写操作

首先, 电流 I_b 施加到位线 160 上, 以确定将要写入数据的存储单元的位置。接着, 一个方向上的电流 I_w 施加到用于写入的字线 180 上, 使得 MTJ150 的磁性层 152 和 156 的磁化方向彼此反平行, 于是, “1” 被写入选定的存储单元。也即, 如图 4A 所示, 上部磁性层 156 的磁化方向由电流 I_w 形成的磁场确定, 且与下部磁性层 152 的磁化方向相反。

为了将 “0” 写入选定的存储单元, 电流 I_b 施加到位线 160 上, 其方向与施加以向用于写入的字线 180 写入 “1” 的电流 I_w 的方向相反的电流 $-I_w$ 施加到用于写入的字线 180 上。结果, 如图 4B 所示, 上部磁性层 156 的磁化方向也由施加到用于写入的字线 180 的电流 $-I_w$ 形成的磁场确定。此时, 上部磁性层 156 的磁化方向与下部磁性层 152 的方向平行。

30 读操作

首先,通过施加电压 V_b 和 V_w 到位线 160 和字线 144 上来确定一个存储单元。于是,写入所选存储单元的数据通过用连接到位线 160 上的检测放大器 S/A 探测电流强度而读出。在向位线 160 和字线 144 施加相同的电压的同时,如果探测到较高的电流,则 MTJ150 的电阻较低。此时, MTJ150 5 的磁性层 152 和 156 的磁化方向彼此平行,“0”写入到选定的存储单元中。相反,在向位线 160 和字线 144 施加相同的电压的同时,如果探测到较低的电流,则 MTJ150 的电阻较高。此时,磁性层 152 和 156 的磁化方向彼此反平行,“1”写入到选定存储单元中。

在此实施例中,当磁存储元件的磁性层的磁化方向彼此反平行时,“1” 10 写入到存储单元中或从其中读出;而当这些磁性层的磁化方向彼此平行时,写入或读出“0”。然而,可以转换读出/写入“1”和“0”的条件。

如上所述,根据本发明,可以制造具有垂直晶体管的高密度磁存储器。

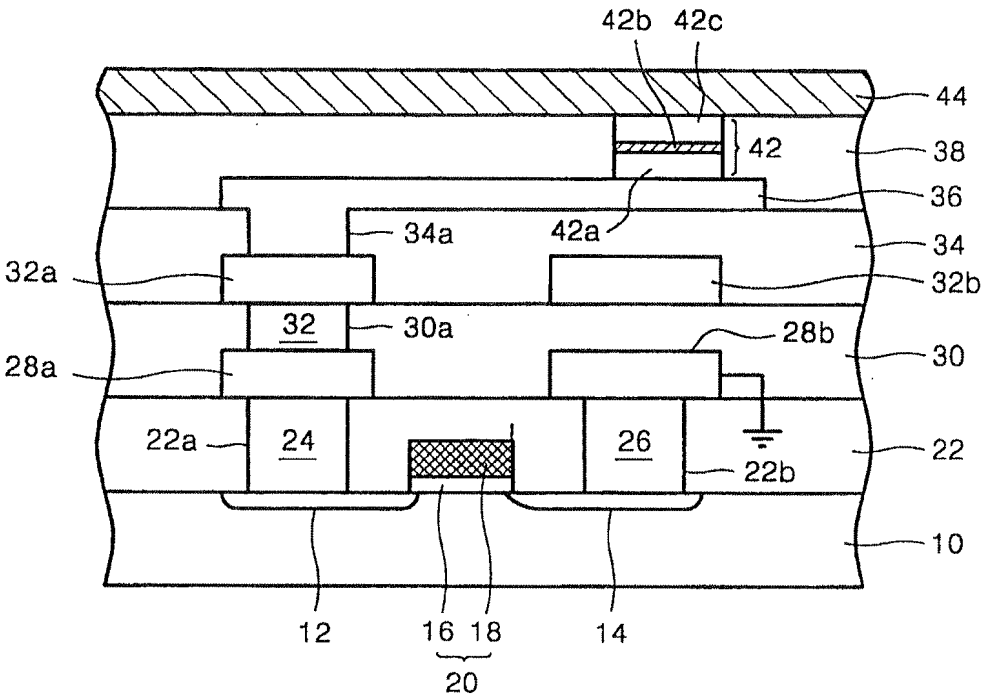


图 1

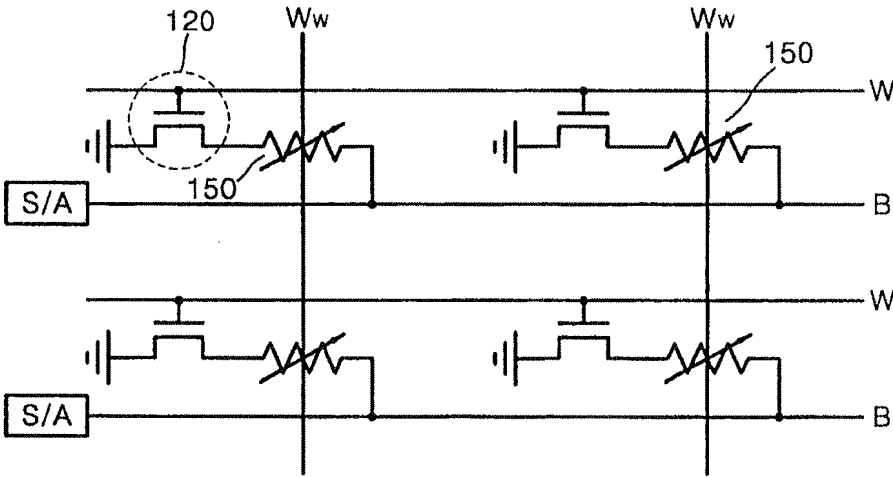


图 2

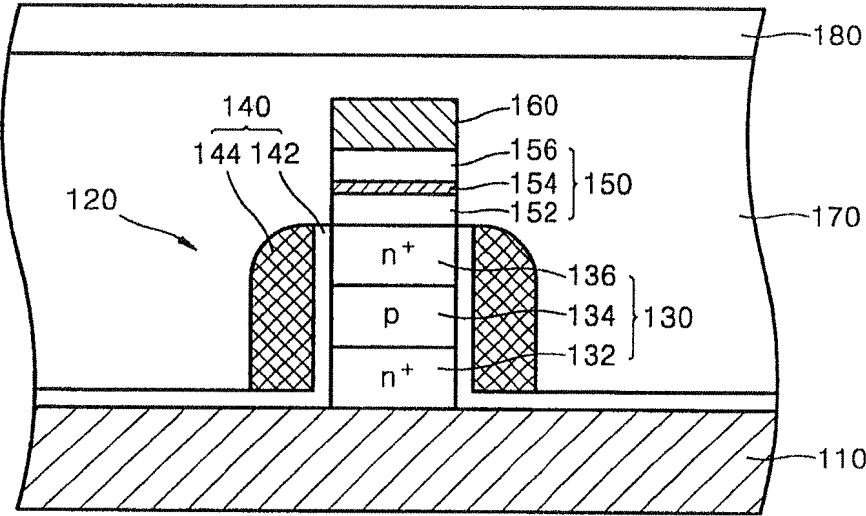


图 3

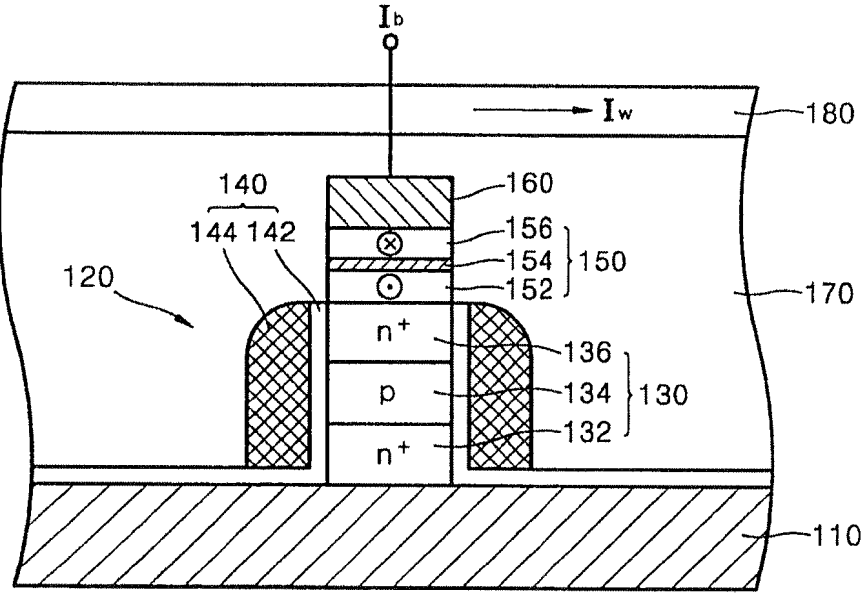
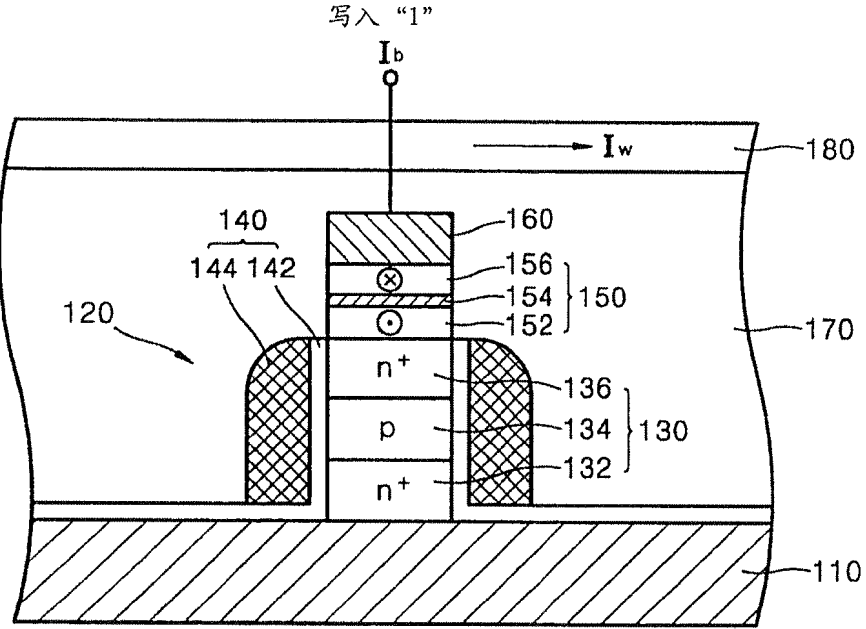


图 4A

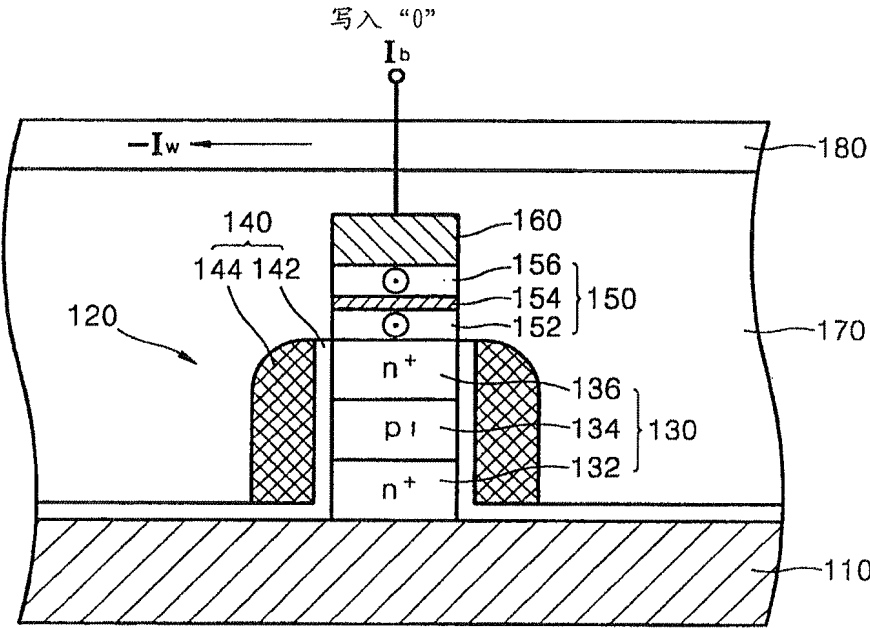


图 4B

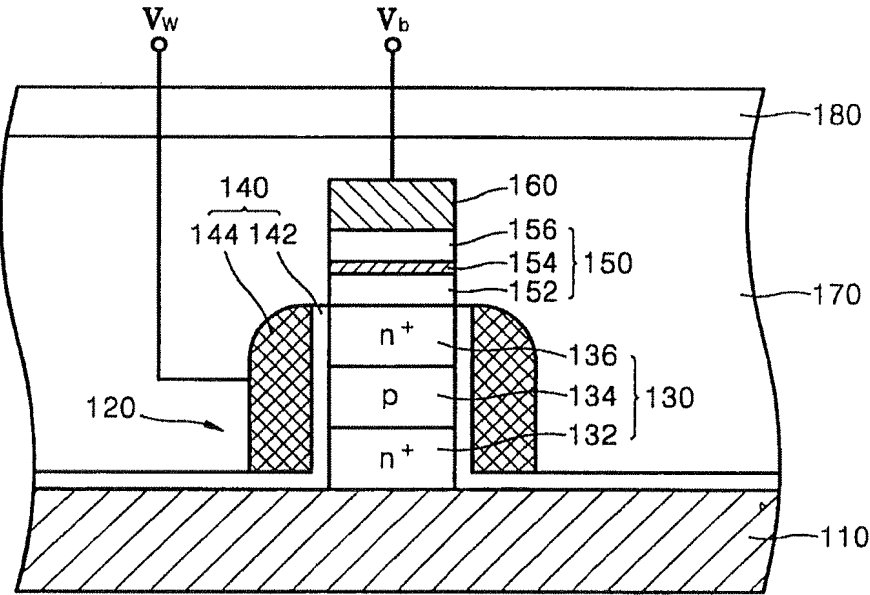


图 4C